

C. E. ТУРАБЕКОВА

(Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті, Алматы, Қазақстан)

ТРОПОСФЕРАЛЫ РАДИОРЕЛЕЛІ СЫЗЫҚТЫ БАЙЛАНЫС ЖЕЛІСІНДЕГІ ИМПУЛЬСТІ БӨГЕУЛІКТЕРДІ ЖИІЛПКТІК ТАРАТУМЕН БАСУ

Аннотация. Мақалада импульсті бөгеуліктерді басу құрылғылары көмегімен радиоэлектронды құрылғыларда электромагнитті сәйкестілікті қамтамасыз ету мүмкіндіктері қарастырылды. Сигналдардың таралуы жиілік бойынша бірнеше арналармен таралатын байланыс жүйесіндегі импульсті бөгеуліктерді басу құрылғысы сипатталған. Ол пайдалы сигналдың қабылдану сапасын импульсті бөгеулікten толықтай қорғайды. Бұл қондырғыны қолдану тропосфералы радиорелелі байланыс сызығы станциясын қуатты импульсті бөгеулікten қорғау мәселесін шешуге мүмкіндік берді.

Тірек сөздер: импульсті бөгеулік, тропосфералы радиорелелі байланыс сызығы.

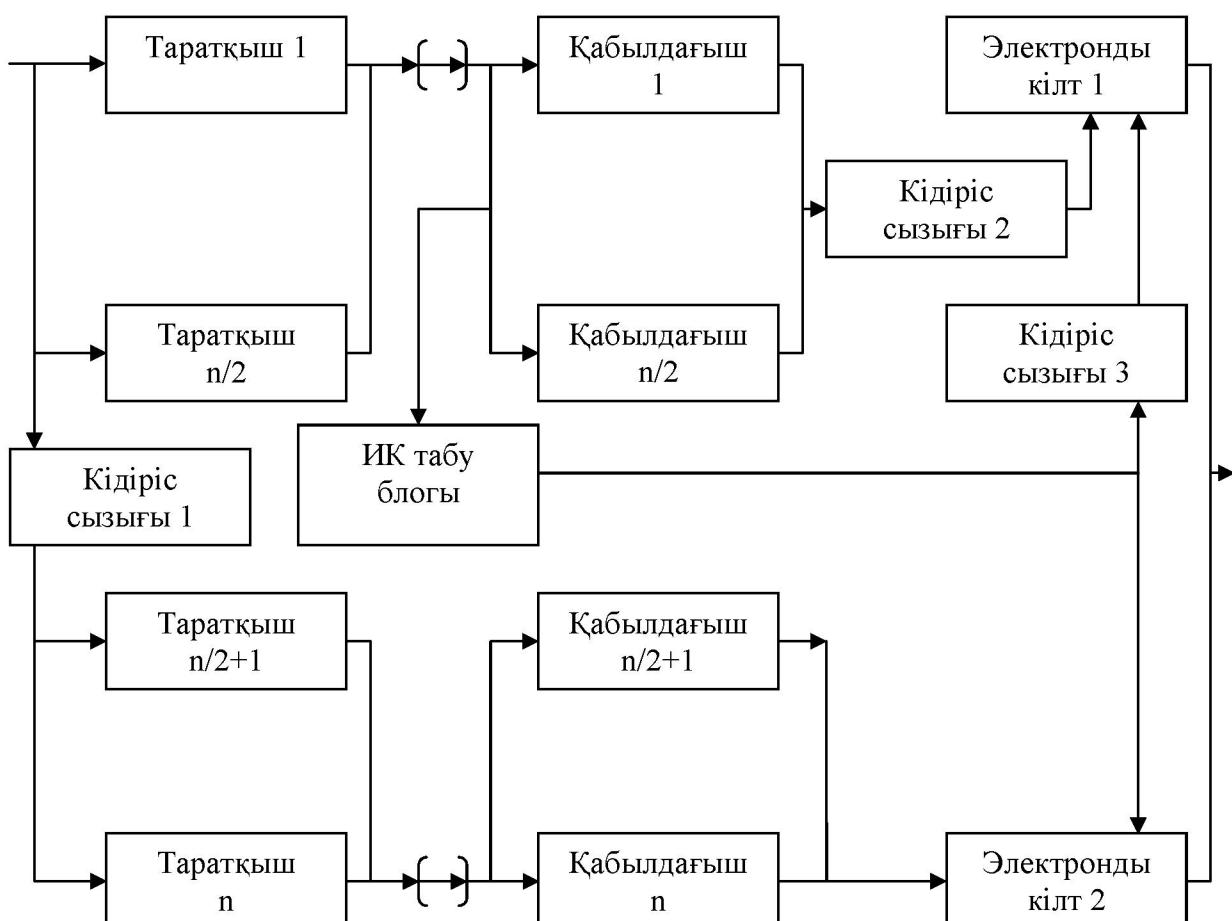
Ключевые слова: импульсная помеха, тропосферная радиорелейная линия связи.

Keywords: impulse noise, tropospheric microwave relay.

Әуелік радионавигацияның ұлттық жүйесінің жұмысы үшін, 800 МГц жиілік диапазонында, жиіліктік тығыздау және жиіліктік модуляциямен магистралды тропосфералы радиорелелі сызықты (TPPC) байланыс желісі тұрғызылған болатын. TPPC станциясында жиіліктік тарату мен таратуларды қабылдау қолданылды. TPPC желісі радионавигацияның әсерінен ірі импульсті бөгеуліктеге ұшырап, сонын салдарынан сызық бойымен таратылған мәліметтердің қабылдауда сапасы тәмен. TPPC үшін ЭМС мәселелерін шешу үшін төмендеғі есептеулер жүргізілді.

TPPC импульсті бөгеуліктен қорғау мәселесін шешу үшін импульсті бөгеулікті басудың тиімді әдісі ұсынылды [1]. Бұл әдіс женілген сигналды қалпына келтіруге мүмкіндік береді (бөгеулік тудыратын импульстардың кез келген ұзақтығында) және көп жағдайларда сигнал қабылдағыштың бөгеулікке тұрақтылығына әсер ететін бөгеулікті толығымен жоюды қамтамасыз етеді. Сәйкесінше құрылғының функционалды сұлбасы 1-суретте көрсетілген.

N-ші ретті жиіліктік тарату жүйесінде барлық көпарналы мәліметтер екі кеңістікте таратылған антеннамен жұмыс жасайтын қабылдағыш пен таратқыштың екі арнасына қосылған, н радиоарнасымен беріледі (1-суретте n таратқыш пен қабылдағыш шарты түрде көрсетілген).



1-сурет – TPPC байланыс желісінде импульсті бөгеулікті басудың блок-сұлбасы

Бір тарату жолында 1 кідіріс сзығы көмегімен, импульсті бөгеулік барынша максималды мүмкіндігін жоғарылататын уақытша кідіріс енгізіледі. Қабылдағышта бастапқы кідіріс екінші жолға 2 кідіріс сзығы көмегімен енгізіледі. Бұл импульсті бөгеулік болмаған жағдайда барлық қабылданатын сигналды, когерентті қосу негізінде, таратылатын мәліметтерді қалпына келтіруге мүмкіндік береді.

Ұсынылған тиімді әдіс [1] ескеріліп, нәтижесінде TPPC телефонды арнамен сигналды тарату сапасы екі негізде анықталды: дыбыстық арнада өлшенбекен шуыл қуаты $P_{sh}=106$ шамасынан аспағанда, жылулық шуылдың орташа қуатпен 20% уақыт және T_{sh} уақыттық пайызы үшін минутына $P_{tp\%}$. Келесі болжамдарға сүйеніп бағаланды: біріншіден, импульсті бөгеулік кезінде арналар

тобының электронды коммутациясымен туындаған бөгеулік ескерілмейді, екіншіден, импульсті бөгеулік үнемі сұлбаны ашу кезінде бар болады. Бөгеулік деңгейі пайдалы сигнал деңгейін айтартықтай жоғарылатқанда, сұлбаны ашу барысында анықталған бөгеулік еш қындық тудырмайды.

Бұл әдістің тиімділігінің себебі, импульсті бөгеулік әсері кезінде жиілікті –таратылған сигналдың жалпы санының жартысында ғана ($n/2$) когерентті қосуға ие. Соған сәйкес, байланыс жүйесінің шығысында, минутына $p\%$ уақытынан аспайтын, жылулық шуылдың орташа қуатын келесідей жазуга болады:

$$P_{tp\%} = (2\tau_d/T) P_{tp\%}(n/2) + (1-2\tau_d/T) P_{tp\%(n)}, \quad (1)$$

мұндағы $P_{tp\%}(n)$ және $P_{tp\%}(n/2)$ – таратылған қабылдағыштың n және $n/2$ бұтактарымен, $p\%$ уақытымен жоғарылайтын, минутына жүйеде сигналдың когерентті қосуымен жиілікті детектордың шығысындағы жылулық шуылдың орташа қуаты; $\tau_d = T(\tau_d \geq T)$ ұзактылықты, импульсті бөгеулік әсері уақытында арналар тобын бекітудің уақыттық интервалы; T – импульс периоды.

Сигналдың когерентті қосылуы жүйесінде, демодулятор шығысында, өлшенбеген шуыл қуаты P_{Σ} , ρ_1 және ρ_2 мәндері үшін – қабылдағыштың екі кеңістікті-тарату арналарының шығысындағы сигнал/шуыл қатынасы – келесідей:

$$P_{\Sigma} = (\tau_d/T)[P_{T1}(\rho_1) + P_{T2}(\rho_2)] + (1-2\tau_d/T) P_{T3}(\rho_3), \quad (2)$$

мұндағы, $\rho_3 = \rho_1 + \rho_2$. ρ_i – кездейсоқ шама. $P_{Ti}(\rho_i)$ мәні кірісінде сигнал/шуыл қатынасы кезіндегі ρ_i тең, демодулятор шығысындағы шуыл қуатын көрсетеді. 2-ші теңдікті қолданып, $T_{\text{ш}}(\tau_d/T)$ – дыбыстық арнадағы өлшенбеген шуыл қуаты $P_{\Sigma} P_{\text{ш}0} = 10^6 \text{ пВт}$ мәнін арттыратын, уақыттық пайзызын анықтауға болады.

$P_{tp\%}$ және $T_{\text{ш}}$ анықталғанда, әдістің тиімділігін келесідей коэффициенттермен көрсетуге болады:

$$\Delta P_t(\tau_d/T) = 10 \log [P_{tp\%}/P_{tp\%}(n)]; \quad (3)$$

$$\check{T}_{\text{ш}} = T_{\text{ш}}(\tau_d/T)/T_{\text{ш}}[(\tau_d/T)=0]. \quad (4)$$

Бірінші коэффициент импульсті бөгеулік әсері кезінде жүйе шығысында жылулық шуылдың орташа минуттық қуаты қанша децибелге өсетінін көрсетеді. Екінші коэффициент жүйе шығысында уақыттық пайзызын өсуін сипаттайтын.

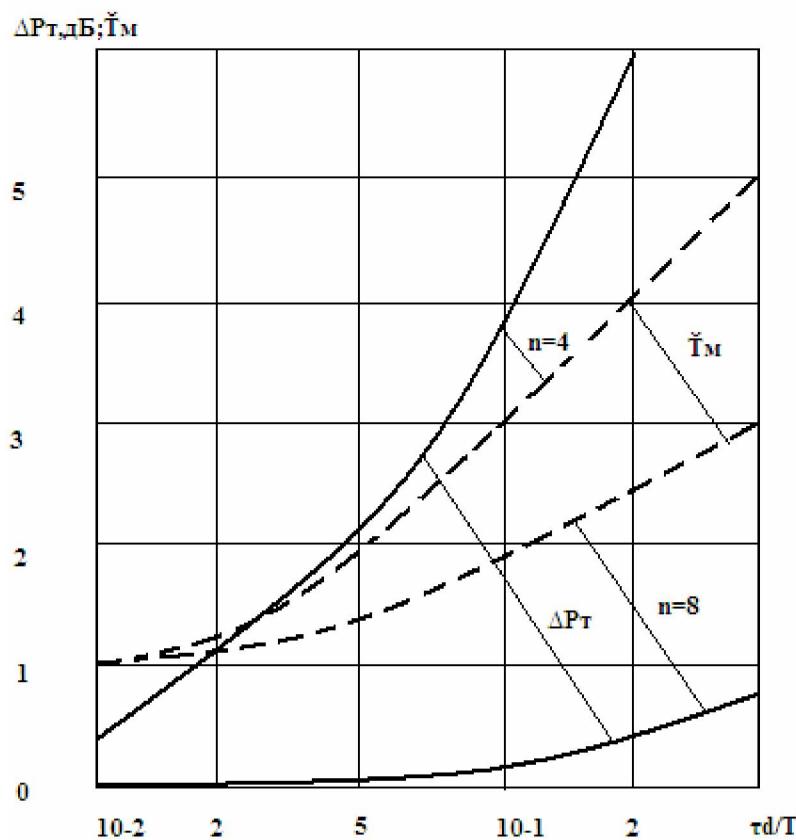
Егер $N=4$ және 8 болғанда, 120 арналық, ұзындығы 2400 км TPPC үшін $\Delta P_t(\tau_d/T)$ және $\check{T}_{\text{ш}}(\tau_d/T)$ тәуелділіктерін есептеуде 1-4 теңдіктері қолданылды. Таратқыштың қуаты – 5 кВт, ал қабылдағыш және таратқыш антеннаның күшетуі 47,1 дБ құрады. 1 және 3 теңдікте $P_{tp\%}$ және $P_{Ti}(\rho_i)$ мәндері С.В. Бородичтің [2] ұсынған әдісімен есептелді. Есептеу нәтижесі 2-суретте көлтірілген. Суретten көретініміз, $(\tau_d/T) \leq 10^{-2}$ мәні үшін, бұл импульсті бөгеулікті басу әдісі TPPC жұмысында бөгеуліктерді толығымен жояды. $(\tau_d/T) = 10^{-1}$ тең болғандағы жоғарғы мәнінде де бөгеулік әсерінен арнадағы шамалардың төмендеуі (егер $n=8$; $T_{\text{ш}} = 2$ болғанда, $\Delta P=0.2$ дБ) маңызды емес. Сызықтың құрайтын бір немесе екі станция ғана импульсті бөгеулік әсеріне бір мезгілде ұшыраса, барлық сызықтың шамаларының сапасына әсер ететін бөгеулік есепке алынбайды. 2-суретте тағы да, n қабылдағыштың өсуінен, қабылдағыш жағында бөгеуліктен қорғағыштың айтартықтай өсуі көрсетілген.

Импульсті бөгеулікті басуда бұл әдісті жүзеге асыру үшін 120-арналы TPPC жабдығы қолданылды. Бөгеулік көзі ретінде бағытталған антеннаға жалғанған $\tau=1$ мс импульсті генераторы қолданылды. τ_d мәні 1,5 мс тең деп алынды. Импульсті бөгеулік деңгейі қабылдағыш шығысында пайдалы сигналдың орта деңгейін 15 дБ жоғарылатты. Таратылған қабылдағыш коэффициенті 6 құрады.

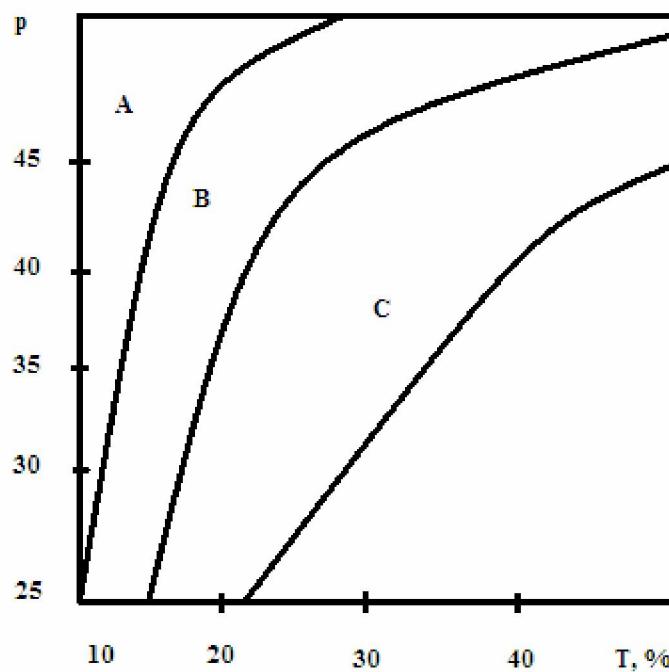
3-суреттегі берілген өлшеулерден құралған қисық сызықтар $\rho(T_M) = 10 \log[10^9/P_{\text{ш}}(T_M)]$ шамасының ықтималдық белінүін сипаттайтын. Мұндағы, $\rho(T_M)$ – бір жоғарғы телефон арнасындағы сигнал/шуыл қатынасы, ал $P_{\text{ш}}(T_M) - T_M$ уақыттық пайзызымен қадағаланатын, арнадағы шуыл қуаты.

А қисығы импульсті бөгеулік болмаған жағдай үшін, В қисығы импульсті бөгеулікті басу үшін, С қисығы импульсті бөгеулікті басу болмаған жағдайға арналған. А және С қисығын салыстыру арқылы, бөгеулікті басу үшін жабдықты қолданбаса телефонды арнада шуыл қуаты (20% уақытта 25 дБ шамасында) өсетінін көрсетеді. А және В қисығын салыстыра отырып, импульсті бөгеулікті басу жағдайында қабылдағыш жағындағы бөгеуліктен қорғағыш бөгеулік жоқ болғандағы

жағдайға жақын деген қорытынды алуға болады. Есептеу нәтижесімен салыстырғанда телефон арнасындағы шуыл қуатының кейбір өсулері (5 дБ шамасында) коммутация шуылының әсерімен байланысты болуы мүмкін.



2-сурет – τ_d/T қатысты ΔP_T (тұтас сызықтар) және T_M (үзік сызықтар) тәуелділіктері



3-сурет – ρ -ның T_M -ге қатысты сигнал/шуыл тәуелділік қатынасы

Осылайша, импульсті бөгеулікті басудың ұсынылған әдісі TPPC торапты импульсті бөгеуліктен қорғаудың негізгі мәселелерін шешуге мүмкіндік берді. Бұл әдіс импульсті сигнал шығаратын радиоэлектронды құрылғылар мен сигналдардың жиіліктік таратуы қолданатын кез келген жүйеде жалпы жиілік жолағын біріктіріп қолдануды қамтамасыз етеді.

ӘДЕБІЕТ

1 Быховский М.А., Бернскун Ю.В., Плеханов В.В., Тимофеев В.В. Эффективный метод подавления импульсных помех в тропосферных системах связи // Электросвязь. – 1984. – № 9.

2 Бородич С.В. Искажения и помехи в многоканальных системах радиосвязи с частотной модуляцией. – М.: Связь, 1976.

3 Быховский М.А., Терехов А.С. Анализ и оптимизация одного метода подавления импульсных помех // Труды НИИР. – 1986. – № 4.

REFERENCES

1 Byhovskiy M.A., Bernoskuni Yu.V., Plehanov V.V., Timofeev V.V. Effektivniy metod podavleniya impul'snyh pomeh v troposfernyh sistemah svyazi. Elektrosvyaz'. 1984. N 9.

2 Borodich S.V. Iskazheniya i pomehi v mnogokanal'nyh sistemah radiosvyazi s chastotnoy modulyaciei. M.: Svyaz', 1976.

3 Byhovskiy M.A., Terehov A.S. Analiz i optimizaciya odnogo metoda podavleniya impul'snyh pomeh. Trudy NIIR. 1986. N 4.

Резюме

C. E. Turabekova

(Казахский национальный технический университет им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан)

ПОДАВЛЕНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ В СИСТЕМАХ ТРОПОСФЕРНЫХ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ С ЧАСТОТНЫМ РАЗНЕСЕНИЕМ

В статье были рассмотрены возможности обеспечения ЭМС РЭС с помощью устройств подавления ИП. Описано устройство подавления ИП в системах связи, в которых осуществляется передача сигналов по нескольким каналам, разнесенным по частоте, позволяет практически полностью избавиться от влияния ИП на качество приема полезных сигналов. Применение этого устройства позволило полностью решить проблему защиты от мощных ИП станций тропосферных радиорелейных линий связи.

Ключевые слова: импульсная помеха, тропосферная радиорелейная линия связи.

Summary

S. E. Turabekova

(Kazakh National Technical University after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan)

IMPULSIVE NOISE SUPPRESSION IN TROPOSPHERIC RADIO RELAY COMMUNICATION LINES WITH FREQUENCY DIVERSITY

The article examined the possibilities of ensuring electromagnetic compatibility of radio electronic means using impulse noise suppression devices . A device suppression of impulsive noise in communication systems , in which signals are transmitted through multiple channels, frequency diversity , almost completely eliminate the influence of impulse noise on the quality of reception of desired signals . The use of this device allowed to completely solve the problem of the protection of powerful pulsed interference stations tropospheric radio relay communication lines.

Keywords: impulse noise, tropospheric microwave relay.

Поступила 10.12.2013г.